



66 Innere Priorität:  
100 02 272. 3 20. 01. 2000

71 Anmelder:  
Robert Bosch GmbH, 70469 Stuttgart, DE

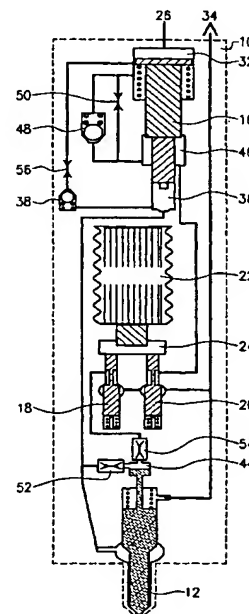
72 Erfinder:  
Mahr, Bernd, Dr., 73207 Plochingen, DE; Kropp,  
Martin, Dr., 70825 Korntal-Münchingen, DE; Magel,  
Hans-Christoph, Dr., 72793 Pfullingen, DE

**Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen**

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

54 Einspritzeinrichtung und Verfahren zum Einspritzen von Fluid

57 Die Erfindung betrifft eine Einspritzeinrichtung mit einer Einspritzdüse (12), einem Druckverstärker (16) zum Verstärken eines primären Druckes, einer Ventileinrichtung (18, 20) zum Betätigen des Druckverstärkers (16) und einem Stellelement (22) zum Betätigen der Ventileinrichtung (18, 20), wobei die Ventileinrichtung mindestens ein erstes 2/2-Ventil (18) und ein zweites 2/2-Ventil (20) aufweist, welche von dem Stellelement (22) betätigbar sind. Die Erfindung betrifft ferner ein Verfahren zum Einspritzen von Fluid, bei dem ein Stellelement (22) aktiviert wird, eine Ventileinrichtung (18, 20) von dem Stellelement (22) betätigt wird, ein Druckverstärker (16) zum Verstärken eines primären Druckes durch die Ventileinrichtung (18, 20) betätigt wird und eine Einspritzdüse (12) geöffnet wird, wobei ein erstes 2/2-Ventil (18) und ein zweites 2/2-Ventil (20) der Ventileinrichtung von dem Stellelement (22) betätigt werden.



Die Erfindung betrifft eine Einspritzeinrichtung mit einer Einspritzdüse, einem Druckverstärker zum Verstärken eines primären Druckes, einer Ventileinrichtung zum Betätigen des Druckverstärkers und einem Stellelement zum Betätigen der Ventileinrichtung. Die Erfindung betrifft ferner ein Verfahren zum Einspritzen von Fluid, bei dem ein Stellelement aktiviert wird, eine Ventileinrichtung von dem Stellelement betätigt wird, ein Druckverstärker zum Verstärken eines primären Druckes durch die Ventileinrichtung betätigt wird und eine Einspritzdüse geöffnet wird.

Eine gattungsgemäße Vorrichtung und ein gattungsgemäßes Verfahren sind beispielsweise aus der EP 0 562 046 B1 bekannt. Die Grundanforderung an ein solches System besteht darin, die Kraftstoffeinspritzung mit einem möglichst großen Einspritzdruck vorzunehmen. Ein hoher Einspritzdruck hat positive Einflüsse auf die Funktion eines Motors; zum Beispiel werden die Schadstoffemissionen und der Kraftstoffverbrauch herabgesetzt. Zur Realisierung des hohen Einspritzdruckes ist ein Druckverstärker vorgesehen, welcher durch eine hydraulische Übersetzung einen primären, etwa von einem Druckspeicher zur Verfügung gestellten Druck in den erwünschten hohen Einspritzdruck umsetzt. Durch die geeignete Wahl der mit Kraft beaufschlagten Flächen und die Gegenkräfte elastischer Mittel kann eine geeignete Druckverstärkung eingestellt werden.

Die Ansteuerung von Druckverstärker und Einspritzdüse kann so erfolgen, daß zwei 2/2-Ventile vorgesehen sind, die jeweils von zwei getrennten Stellelementen angesteuert werden. Für jedes Stellelement ist dabei eine separate Ansteuerlektronik vorzusehen. Durch geeignete Abstimmung der Ansteuerlektroniken lassen sich Schaltabfolgen erreichen, mit denen unterschiedliche Einspritzvorgänge realisiert werden können. Allerdings ist die beschriebene apparative Lösung aufwendig.

Eine gattungsgemäße Druckverstärkung ist insbesondere im Zusammenhang mit einem Common-Rail-System nützlich. Bei der Speichereinspritzung "Common-Rail" sind die primäre Druckerzeugung und die Einspritzung entkoppelt. Der Einspritzdruck wird unabhängig von der Motordrehzahl und der Einspritzmenge erzeugt und im "Rail" (Kraftstoffspeicher) für die Einspritzung bereitgestellt. Auf diese Weise läßt sich grundsätzlich ein günstiger Einspritzverlauf realisieren, da insbesondere Einspritzdruck und Einspritzmenge für jeden Betriebspunkt des Motors unabhängig voneinander festgelegt werden können. Allerdings ist der Druck im Common-Rail zur Zeit noch auf ca. 1600 bar begrenzt, so daß aus Emissionsgründen und Gründen des Kraftstoffverbrauchs eine Erhöhung des Druckes erwünscht ist. Zur Zeit sind Druckverstärker mit einem Übersetzungsverhältnis von 1 : 7 bekannt. Ein Druckverstärker in Kombination mit einem Common-Rail-System könnten somit besonders gute Ergebnisse liefern.

#### Vorteile der Erfindung

Die erfindungsgemäße Einspritzeinrichtung gemäß Anspruch 1 baut auf dem Stand der Technik dadurch auf, daß die Ventileinrichtung mindestens ein erstes 2/2-Ventil und ein zweites 2/2-Ventil aufweist, welche von dem Stellelement betätigbar sind. Da die beiden 2/2-Ventile durch dasselbe Stellelement betätigbar sind, wird an dieser Stelle der apparative Aufwand im Vergleich zur Verwendung zweier separater Ventilansteuerungen verringert, so daß insgesamt eine Verbesserung des Systems vorliegt.

Bevorzugt sind das erste 2/2-Ventil und das zweite 2/2-Ventil über einen gemeinsamen hydraulischen Kopplungsraum von dem Stellelement betätigbar. Auch durch diese Maßnahme ist es in vorteilhafter Weise möglich, den apparativen Aufwand der Verwendung von zwei Ventilen zu verringern. Ein einziger Kopplungsraum reicht aus, da sich die 2/2-Ventile in geeigneter Weise aufeinander abstimmen lassen. Beispielsweise kann erreicht werden, daß die Ventile durch eine geeignete Einstellung hydraulischer Druckflächen und elastischer Mittel zu unterschiedlichen Zeitpunkten bzw. zu unterschiedlichen Aktivierungszuständen (Teilhübe/Vollhübe) auf die Betätigung durch das Stellelement reagieren. Der hydraulische Kopplungsraum kann auch einer Kraft-Weg-Übersetzung und dem Ausgleich von Toleranzen, z. B. Längenänderungen dienen.

Vorzugsweise wird der primäre Druck von einem Common-Rail zur Verfügung gestellt. Es ist somit möglich, die Vorteile eines Common-Rail-Systems mit der druckverstärkten Einspritzeinrichtung zu kombinieren. Der Common-Rail-Druck, welcher zur Zeit auf ca. 1600 bar begrenzt ist, kann druckverstärkt werden; somit werden Emissionen und der Kraftstoffverbrauch reduziert.

Besonders vorteilhaft ist es, wenn das Einspritzsystem hubgesteuert ist. Es liegt somit ein Steuerraum vor, über dessen Entlastung sich die Einspritzdüse öffnen läßt. Auf diese Weise ist es möglich, bei einem vergleichsweise geringen Druck im Zuführbereich der Einspritzdüse, die Einspritzdüse gleichwohl zu öffnen und so eine Einspritzung – etwa eine Voreinspritzung – mit geringem Druck vorzunehmen, zum Beispiel bei Rail-Druck.

Vorzugsweise verschließt das erste 2/2-Ventil in einem ersten Zustand einen Steuerraum für eine Hubsteuerung, und das erste 2/2-Ventil öffnet in einem zweiten Zustand den Steuerraum für die Hubsteuerung. Eine Betätigung des ersten 2/2-Ventils reicht somit aus, um eine Einspritzung zu veranlassen.

Bevorzugt trennt das zweite 2/2-Ventil in einem ersten Zustand einen Rückraum des Druckverstärkers von einem Rücklaufsystem, und das zweite 2/2-Ventil koppelt in einem zweiten Zustand den Rückraum des Druckverstärkers mit dem Rücklaufsystem. Der Rückraum stellt somit einen Steuerraum für den Druckverstärker dar. Durch ein Öffnen des zweiten 2/2-Ventils wird folglich der Rückraum des Druckverstärkers entlastet, was zu einer Druckverstärkung durch den Druckverstärker führt. Dieser Druck wird der Einspritzdüse zugeführt, so daß eine Einspritzung mit hohem Druck erfolgen kann. Diese erfolgt bei höherem Druck als die Einspritzung aufgrund der Betätigung des ersten 2/2-Ventils. Folglich können die Vorteile beider Einspritzvorgänge miteinander kombiniert werden.

Vorteilhafterweise sind das erste 2/2-Ventil und das zweite 2/2-Ventil so aufeinander abgestimmt, daß durch teilweises Betätigen des Stellelementes zunächst das erste 2/2-Ventil aus seinem ersten Zustand in seinen zweiten Zustand überführbar ist und daraufhin durch weiteres Betätigen des Stellelementes das zweite 2/2-Ventil aus seinem ersten Zustand in seinen zweiten Zustand überführbar ist. Somit läßt sich z. B. die durch das erste 2/2-Ventil erfolgende Hubsteuerung für eine Voreinspritzung bei niedrigem Rail-Druck nutzen, während die Betätigung des ersten Ventils mit nachfolgender Betätigung des zweiten 2/2-Ventils für eine Haupteinspritzung mit erhöhtem Druck genutzt wird. Es ist somit eine getrennte Ansteuerung der Einspritzdüse (Hubsteuerung) und des Druckaufbaus durch den Druckverstärker möglich. Dies erlaubt eine vielfältige Formung des Einspritzdruckverlaufes.

Vorteilhafterweise ist ein Steuerraum für die Hubsteuerung über eine erste Drossel mit dem ersten 2/2-Ventil ver-

bunden, und der Steuerraum für die Hubsteuerung ist über eine zweite Drossel mit dem Zufuhrbereich der Einspritzdüse verbunden. Durch den Durchflußunterschied dieser Drosseln läßt sich die Öffnungsgeschwindigkeit der Düsenadel bei der hubgesteuerten Einspritzung bestimmen.

Vorzugsweise ist ein Arbeitsdruckraum des Druckverstärkers mit einem Hochdruckraum des Druckverstärkers über ein Rückschlagventil verbunden, über welches der Hochdruckraum befüllbar ist. Eine solche Befüllung des Hochdruckraums ist bei jedem Einspritzzyklus erforderlich, damit Fluid für die Hochdruckeinspritzung zur Verfügung steht. Ein Rückschlagventil verhindert, daß der hohe Druck aus dem Hochdruckraum des Druckverstärkers in den Arbeitsdruckraum des Druckverstärkers gelangt; andererseits ermöglicht das Rückschlagventil die Befüllung des Hochdruckraumes aus dem Arbeitsdruckraum.

Vorteilhafterweise ist zusätzlich zu dem Rückschlagventil eine damit in Reihe geschaltete Drossel vorgesehen. Durch diese Maßnahme wird bei einem unerwünschten, erhöhten Leakagestrom im Injektor, z. B. durch Nadelklemmen, eine Druckdifferenz zwischen dem Arbeitsdruckraum und dem Hochdruckraum erzeugt.

Bevorzugt ist ein Arbeitsdruckraum des Druckverstärkers über ein Rückschlagventil mit einem Rückraum des Druckverstärkers verbunden, über welches der Rückraum entlastbar ist. Dadurch nimmt der Druckverstärkerkolben bei einer Druckdifferenz zwischen dem Arbeitsdruckraum und dem Hochdruckraum seinen Maximalhub ein und verschleißt in dieser Position die Verbindungsleitung zum Injektor. Auf diese Weise wird der entsprechende Injektor im Schadensfall abgeschaltet.

Besonders vorteilhaft ist auch, wenn ein Rückraum des Druckverstärkers aus dem Arbeitsdruckraum befüllbar ist. Dies kann beispielsweise über eine Drossel erfolgen. Ein schlagartiges Ansteigen des Druckes im Rückraum wird aufgrund der Drossel nicht gestattet. Jedoch ist es möglich den Rückraum über die Drossel zu befüllen, so daß der Druckverstärker für den nächsten Einspritzvorgang bereit ist.

Es kann vorteilhaft sein, wenn das Stellelement zwischen dem Druckverstärker und der Ventileinrichtung angeordnet ist. Auf diese Weise kann beispielsweise das erste 2/2-Ventil in die Nähe der Einspritzdüse rücken, was eine unnötige Vergrößerung des Steuerraums vermeidet.

Es kann aber auch nützlich sein, wenn das Stellelement zwischen dem ersten 2/2-Ventil und dem zweiten 2/2-Ventil angeordnet ist. Insbesondere kann das Stellelement so angeordnet sein, daß seine Bewegung senkrecht zur Längsausdehnung der Einspritzeinrichtung verläuft. Auch dies hat Vorteile im Hinblick auf die Minimierung der Volumina des Steuerraums der Hubsteuerung und auch des Druckverstärkers.

Es kann ebenfalls vorteilhaft sein, daß das Stellelement oberhalb von Ventileinrichtung und Druckverstärker angeordnet ist. Diese Variante bietet die Möglichkeit einer sehr kompakten Bauform.

Vorzugsweise ist das Stellelement ein Piezoaktor. Piezoaktoren haben sich als elektronisch ansteuerbare Stellelemente bewährt, insbesondere da sie in ihrem Aufbau kompakt sind und zuverlässig arbeiten. Ferner ist die Stellfunktion durch Veränderung der Parameter (Spannung, Impulsdauer) der Ansteuerung veränderbar.

Es kann allerdings auch nützlich sein, daß das Stellelement und die Ventileinrichtung durch ein Magnetventil mit zwei Ventilkörpern verwirklicht sind, wobei ein erster Ventilkörper mit einem Ventildichtsitz und ein zweiter Ventilkörper mit einem Ventildichtsitz koaxial ineinander angeordnet sind. Vorteilhafterweise ist dabei der erste Ventilkör-

per durch ein Verbindungsglied, das sich innerhalb des zweiten Ventilkörpers befindet, mit dem Stellelement verbunden ist. Besonders zu bevorzugen ist, daß die Führung des ersten Ventilkörpers außerhalb des zweiten Ventilkörpers liegt. Die Erfindung ist also nicht auf den Einsatz eines Piezoaktors beschränkt. Vielmehr ist eine kompakte und zuverlässige Variante auch auf der Grundlage der angegebenen Ausführungsformen mit Magnetventil realisierbar.

Die Erfindung baut auf dem gattungsgemäßen Verfahren gemäß Anspruch 16 dadurch auf, daß ein erstes 2/2-Ventil und ein zweites 2/2-Ventil der Ventileinrichtung von dem Stellelement betätigt werden. Es ist nur ein einziges Stellelement und dessen vorzugsweise elektronische Ansteuerung erforderlich, um sowohl das erste 2/2-Ventil als auch das zweite 2/2-Ventil zu betätigen.

Dabei ist besonders bevorzugt, daß das erste 2/2-Ventil und das zweite 2/2-Ventil über einen gemeinsamen hydraulischen Kopplungsraum von dem Stellelement betätigt werden. Es ist also auch an dieser Stelle ein verringerter apparativer Aufwand zu verzeichnen; das erfindungsgemäße Verfahren kann einfach gestaltet werden.

Vorzugsweise erfolgt durch das Öffnen des ersten 2/2-Ventils eine Einspritzung mit geringem Druck, und durch das Öffnen des zweiten 2/2-Ventils erfolgt eine Einspritzung mit höherem Druck. Damit lassen sich die Vorteile der jeweiligen Einspritzungen kombinieren, was insbesondere im Zusammenhang mit der Verwendung der Erfindung bei einem Common-Rail-System nützlich ist.

Vorzugsweise wird das Betätigen des ersten 2/2-Ventils zur Voreinspritzung verwendet. Es kann somit mit geringem Druck und geringer Einspritzmenge eine Einspritzung vorgenommen werden.

Besonders nützlich ist es, wenn das Öffnen eines der 2/2-Ventile durch einen geringeren Hub des Stellelementes bewirkt wird als das Öffnen des anderen der 2/2-Ventile. Insbesondere bei einem Piezoaktor kann die Variation des Hubs durch die Eingangsgrößen der elektronischen Ansteuerung (Spannung, Impulsdauer) erreicht werden.

Bei einer besonders bevorzugten Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens wird durch teilweises Betätigen des Stellelementes ein erstes Ventil geöffnet, wobei eine Voreinspritzung bei geringem Druck beginnt, und daraufhin durch Rückstellen des Stellelementes das erste Ventil geschlossen, so daß die Einspritzung beendet wird. Mit der Erfindung ist es also möglich, eine Voreinspritzung unabhängig von eventuell weiteren Vorgängen während des Einspritzverlaufs vorzunehmen.

Das erfindungsgemäße Verfahren ist besonders dadurch vorteilhaft, daß durch teilweises Betätigen des Stellelementes ein Steuerraum entlastet wird, so daß die Einspritzdüse öffnet und eine Einspritzphase bei geringem Druck beginnt, daraufhin durch weiteres Betätigen des Stellelementes ein Rückraum des Druckverstärkers mit einem Rücklaufsystem durch Öffnen des zweiten 2/2-Ventils verbunden wird, daraufhin eine Druckerhöhung des Einspritzdruckes durch den Druckverstärker erfolgt, so daß nun eine Einspritzphase bei hohem Druck stattfindet und daraufhin durch Rückstellen des Stellelementes das erste 2/2-Ventil und das zweite 2/2-Ventil schließen, so daß die Einspritzung beendet wird. Es ist somit möglich eine günstige Abfolge von Voreinspritzung und Haupteinspritzung sowie eine "boot"-förmige Haupteinspritzung bereitzustellen, indem ein einziges Stellelement über vorzugsweise einen einzigen Kopplungsraum mit zwei 2/2-Ventilen kommuniziert. Die Vorteile einer hubgesteuerten Voreinspritzung werden mit den Vorteilen eines ansteigenden Druckverlaufes bei der Haupteinspritzung kombiniert. Es kann auch nützlich sein, daß durch Betätigen des Stellelementes ein Rückraum des Druckverstärkers mit

einem Rücklaufsystem durch Öffnen des zweiten 2/2-Ventils verbunden wird und eine Druckverstärkung durch den Druckverstärker erfolgt und daß durch weiteres Betätigen des Stellelementes ein Steuerraum entlastet wird, so daß die Einspritzdüse öffnet und eine Einspritzphase bei hohem Druck vorliegt. Bei dieser Variante kann in vorteilhafter Weise eine Nacheinspritzung auf hohem Druckniveau erfolgen: durch Rückschalten aus der zweiten Schaltstellung in die erste Schaltstellung wird nur die Einspritzdüse geschlossen, wobei der Druckverstärker aktiv bleibt. Erneutes Schalten in die zweite Schaltstellung öffnet dann die Einspritzdüse für eine Nacheinspritzung bei hohem Druck.

Bevorzugt wird der Hochdruckraum des Druckverstärkers über ein Rückschlagventil befüllt, über welches er mit dem Arbeitsdruckraum verbunden ist. Da im Arbeitsdruckraum ein ausreichendes Fluidreservoir vorhanden ist, ist es nützlich, dieses zur Befüllung des Hochdruckraumes über ein Rückschlagventil zu nutzen. Umgekehrt kann durch das Rückschlagventil der hohe Druck aus dem Hochdruckraum nicht in den Arbeitsdruckraum des Druckverstärkers übertreten; der Druck wird vollständig zur Ansteuerung der Einspritzdüse genutzt.

Vorzugsweise wird ein Rückraum des Druckverstärkers aus dem Arbeitsdruckraum des Druckverstärkers befüllt. Dies kann beispielsweise über eine Drossel erfolgen. Die Drossel gestattet somit eine Befüllung und somit eine Bereitstellung des Druckverstärkers für den nächsten Einspritzvorgang; sie vermeidet aber eine unerwünschte Übertragung einer schnellen Druckänderung aus dem Arbeitsdruckraum des Druckverstärkers in den Rückraum.

Das Verfahren ist besonders dann vorteilhaft, wenn durch den zeitlichen Verlauf der Ansteuerung des Stellelementes und/oder durch die Auslegung der Ventilschaltkräfte eine Einspritzverlaufsformung vorgenommen wird. Das System bietet somit zahlreiche Variationsmöglichkeiten, welche sowohl durch die Auslegung der Komponenten fest installiert werden können oder auch durch die Ansteuerung des Stellelementes im Prozeß verändert werden können.

Die Erfindung zeichnet sich dadurch besonders aus, daß durch die Verwendung von zwei 2/2-Ventilen, die von einem gemeinsamen Stellelement über einen gemeinsamen Kopplungsraum betätigt werden, eine Einspritzeinrichtung mit Druckverstärker in zuverlässiger Weise gesteuert werden kann. Es ist daher nicht mehr erforderlich getrennte elektronische und hydraulische Ansteuerungen für Druckverstärker und Einspritzdüse vorzusehen. Hierdurch ergibt sich eine vorteilhafte Verminderung des apparativen Aufwandes. In einer bevorzugten Ausführungsform der Erfindung lassen sich die Vorteile einer hubgesteuerten Voreinspritzung mit den Vorteilen eines ansteigenden Druckverlaufs bei der Haupteinspritzung in vorteilhafter Weise kombinieren.

#### Zeichnung

Die Erfindung wird nun mit Bezug auf die Zeichnung anhand spezieller Ausführungsformen beispielhaft erläutert.

Fig. 1 zeigt eine erste Ausführungsform einer erfindungsgemäßen Einspritzeinrichtung;

Fig. 2 zeigt eine zweite Ausführungsform einer erfindungsgemäßen Einspritzeinrichtung;

Fig. 3 zeigt eine dritte Ausführungsform einer erfindungsgemäßen Einspritzeinrichtung;

Fig. 4 zeigt einen Hydraulikschaltplan mit wichtigen Systemkomponenten;

Fig. 5 zeigt eine vierte Ausführungsform einer erfindungsgemäßen Einspritzeinrichtung.

#### Beschreibung der Ausführungsbeispiele

In Fig. 1 ist eine erste Ausführungsform einer erfindungsgemäßen Einspritzeinrichtung 10 dargestellt. Eine Einspritzdüse 12 dient der Einspritzung von Kraftstoff in den Brennraum eines Motors, insbesondere eines Dieselmotors. Der Einspritzdüse 12 wird Kraftstoff mit einem Druck aus einem Druckverstärker 16 zur Verfügung gestellt. Die Einspritzdüse 12 wird von einem ersten 2/2-Ventil 18 angesteuert. Der Druckverstärker 16 wird von einem zweiten 2/2-Ventil 20 gesteuert. Beide 2/2-Ventile 18, 20 werden von einem Piezoaktor 22 über einen gemeinsamen hydraulischen Kopplungsraum 24 betrieben. Im geschlossenen Zustand des ersten 2/2-Ventils 18 baut sich in einem Steuerraum 44 ein Druck auf, welcher im Normalfall dem Druck eines Druckspeichers (Common-Rail) 26 entspricht; dieses stellt den primären Druck für die Einspritzeinrichtung 10 zur Verfügung. Der Druck im Steuerraum 44 übt eine Schließkraft auf die Einspritzdüse 12 aus, wodurch die Einspritzdüse geschlossen wird. Durch Öffnen des ersten 2/2-Ventils 18 wird der Steuerraum 44 entlastet, die Schließkraft verringert sich, und die Einspritzdüse 12 kann durch diese Hubsteuerung öffnen. Das zweite 2/2-Ventil 20 sperrt im geschlossenen Zustand eine Verbindung zwischen dem Rücklaufsystem 34 der Einspritzeinrichtung und einem Rückraum 46 des Druckverstärkers 16. Öffnet das zweite 2/2-Ventil 20, so kann eine Entlastung des Rückraums 46 erfolgen und somit eine Druckverstärkung durch den Druckverstärker 16. Der Arbeitsdruckraum 32 und der Hochdruckraum 36 des Druckverstärkers 16 sind über ein Rückschlagventil 38 und eine Drossel 56 miteinander verbunden. Somit läßt sich der Hochdruckraum 36 über das Rückschlagventil 38 aus dem Arbeitsdruckraum 32 zur Vorbereitung auf die nächste Druckverstärkung wieder befüllen, während die Drossel 56 verhindert, daß der Befüllungspfad bei einer Einspritzung als Bypass wirkt. Ein weiteres Rückschlagventil 48 ist vorgesehen, über welches der Arbeitsdruckraum 32 mit dem Rückraum 46 des Druckverstärkers 16 verbunden ist. Das Rückschlagventil 48 verhindert die Ausbildung eines Überdruckes im Rückraum 46 des Druckverstärkers. Eine parallel zu dem Rückschlagventil 48 geschaltete Drossel 50 gestattet die Wiederbefüllung des Rückraums 46, vermeidet aber eine unerwünschte schlagartige Druckübertragung zwischen Arbeitsdruckraum 32 und Rückraum 46. Zur Festlegung der Öffnungsgeschwindigkeit der Düsenadel der Einspritzdüse 12 sind zwei weitere Drosseln 52, 54 als Zulaufdrossel 52 bzw. Ablaufdrossel 54 des Steuerraums 44 vorgesehen. Es ist zu bemerken, daß insbesondere das Rückschlagventil 48 und die Drossel 56 zwar im Hinblick auf die Eigensicherheit des Systems erhebliche Vorteile mit sich bringen, jedoch grundsätzlich für die Funktionsfähigkeit des Systems nicht entscheidend sein müssen.

Der Betrieb der Einspritzeinrichtung 10 kann beispielsweise so erfolgen, daß der Piezoaktor 22 zunächst in einer Weise aktiviert wird, daß nur ein geringer Hub (Teilhub) erfolgt. Dieser Hub wird so gewählt, daß das erste 2/2-Ventil 18 öffnet, das zweite 2/2-Ventil 20 jedoch noch geschlossen bleibt. Durch das Öffnen des ersten 2/2-Ventils 18 wird der Steuerraum 44 über die Drossel 54 entlastet, und es erfolgt ein hubgesteuertes Öffnen der Einspritzdüse 12. Zu diesem Zeitpunkt liegt im Normalfall der Druck des Common-Rail 26 über den Arbeitsdruckraum 32 des Druckverstärkers 16, die Drossel 56 und das Rückschlagventil 38 an der Einspritzdüse 12 an. Es erfolgt eine Einspritzung mit niedrigem Einspritzdruck. Nachfolgend erfolgt ein größerer Hub des Piezoaktors 22, so daß auch das zweite 2/2-Ventil 20 öffnet. Dies hat eine Entlastung des Rückraums 46 des Druckverstärkers 16 zur Folge, da dieser über das zweite 2/2-Ventil

20 mit dem Rücklaufsystem 34 verbunden wird. Folglich kommt es zu einer Druckverstärkung durch den Druckverstärker 16. Es folgt eine Erhöhung des Einspritzdruckes und somit eine Einspritzphase mit hohem Einspritzdruck. Bei Deaktivierung des Piezoaktors 22 gehen die 2/2-Ventile 18, 20 wieder in ihre Ausgangsstellung zurück – zunächst das zweite 2/2-Ventil 20 und daraufhin das erste 2/2-Ventil 18. Bei einer teilweisen Deaktivierung bis zu einem Teilhub geht nur das zweite Ventil in seine Ausgangslage zurück. Es erfolgt eine Wiederbefüllung des Druckverstärkers 16. Der Rückraum 46 des Druckverstärkers 16 wird zur Rückstellung beispielsweise über die Drossel 50 mit Fluid aus dem Arbeitsdruckraum 26 des Druckverstärkers 16 befüllt. Der Hochdruckraum 36 des Druckverstärkers 16 wird über die Drossel 56 und das Rückschlagventil 38 aus dem Arbeitsdruckraum 32 des Druckverstärkers 16 befüllt. Die Ansteuerung des ersten 2/2-Ventils 18 mit geringem Hub des Piezoaktors 22 kann also in günstiger Weise zur Voreinspritzung mit geringem Druck genutzt werden.

In Fig. 2 ist der Piezoaktor 22 seitlich an der Einspritzeinrichtung 10 angeordnet. Auf diese Weise kann für das erste 2/2-Ventil 18 und das zweite 2/2-Ventil 20 eine 180°-Anordnung gewählt werden. Eine solche Anordnung hat Vorteile im Hinblick auf die Minimierung der Volumina des effektiven Stellerraums für die Hubsteuerung sowie des Druckverstärkers 16. Komponenten, die jenen in Fig. 1 entsprechen, sind mit denselben Bezugszeichen gekennzeichnet.

In Fig. 3 ist eine weitere Anordnung der Komponenten der Einspritzeinrichtung dargestellt. Hier ist der Piezoaktor 22 über den Druckverstärker 16 angeordnet, was zu einer sehr kompakten Bauform führt. Wiederum sind Komponenten, die jenen in den Fig. 1 und 2 entsprechen, mit denselben Bezugszeichen gekennzeichnet.

In Fig. 4 ist ein Hydraulikschaltplan dargestellt. Zur Erzeugung des Systemdruckes wird z. B. eine mengengeregelte Hochdruckpumpe verwendet. Der Kraftstoff wird auf einen regelbaren ersten Systemdruck von ca. 300 bar bis ca. 1500 bar komprimiert und in einem Druckspeicher (Common-Rail) 26 gespeichert. Die Einspritzung wird durch Nadelhubsteuerung über das Ventil 18 gesteuert, welches schematisch durch seine verschiedenen Schaltzustände dargestellt ist. Zusätzlich befindet sich zwischen dem Common Rail 26 und dem Injektor 14 ein Druckverstärker 16 zur Erhöhung des Einspritzdruckes. Der Druckverstärker 16 wird von einem 2/2-Ventil 20 angesteuert, welches ebenfalls schematisch durch seine verschiedenen Schaltzustände dargestellt ist. Zur Wiederbefüllung des Hochdruckraums 36 des Druckverstärkers 16 steht ein Bypass mit einem Rückschlagventil 38 zur Verfügung.

Prinzipiell können mit der dargestellten Anordnung Einspritzungen mit verschiedenen Drücken erfolgen. Ist das Ventil 20 geschlossen, so steht der gesamte Injektor 14 unter Raildruck; der Druckverstärker 16 ist in seiner Ausgangsstellung. Durch die Ansteuerung (Hubsteuerung) des Injektors 12 mit dem Ventil 18 kann eine Einspritzung mit Raildruck wie bei einem Common-Rail-System des Standes der Technik erfolgen. Soll eine Einspritzung mit erhöhtem Einspritzdruck erfolgen, so wird das Ventil 20 angesteuert. Somit wird der Druckverstärker 16 betätigt.

Das besondere an der erfindungsgemäßen Anordnung besteht darin, daß beide Ventile 18, 20 mit demselben Aktor 22 angesteuert werden. Der Aktor 22 hat drei Stellungen – eine Ruhestellung und zwei Schaltstellungen. Die Einnahme der verschiedenen Stellungen wird durch Variation der Ansteuerung des Aktors 22 erreicht.

Auf der linken Seite (a) der schematischen Ventildarstellung in Fig. 4 ist ein Verfahrensablauf dargestellt, der eine Bootinjektion ermöglicht.

– In Ruhestellung (RS) haben beide Ventile 18, 20 keinen Durchfluß. Über den Bypass-Pfad mit dem Rückschlagventil 38 liegt der Raildruck am Injektor 14 an. Die Einspritzdüse 12 ist aufgrund des Druckes im Stellerraum 44 geschlossen. Der Druckverstärker 16 befindet sich in seiner Ausgangsposition.

– Wird der Aktor 22 in die erste Schaltstellung (S1) gebracht, so schaltet das Ventil 18, welches den Injektor 14 ansteuert, auf Durchfluß. Das Ventil 20, welches den Druckverstärker 16 ansteuert, bleibt geschlossen. Folglich wird eine Einspritzung mit Raildruck eingeleitet. Hier muß nur der Stellerraum 44 des Injektors angesteuert werden, und es genügt ein kleiner Ventilhübe. Daher ist es möglich eine Einspritzung mit schneller Schaltzeit vorzunehmen, so daß das hier beschriebene Verfahren vorteilhaft für eine Voreinspritzung genutzt werden kann.

– In der zweiten Schaltstellung (S2) des Aktors 22 sind beide Ventile 18, 22 auf Durchfluß geschaltet. Somit sind sowohl der Stellerraum 44 des Injektors 14 als auch der Rückraum 46 des Druckverstärkers 16 entlastet. Folglich wird der Raildruck von dem Druckverstärker verstärkt, und es erfolgt eine Einspritzung mit erhöhtem Einspritzdruck.

Wird das System also gemäß der Variante (a) in Fig. 4 zunächst in die erste Schaltstellung (S1) gebracht und nach einer gewissen Verzögerung in die zweite Schaltstellung (S2) weitergeschaltet, so ergibt sich eine Bootinjektion.

Eine weitere Ausführungsform der Erfindung ist in Fig. 4 auf der rechten Seite (b) dargestellt.

– Die Ruhestellung (RS) entspricht derjenigen im Ausführungsbeispiel, welches auf der linken Seite (a) dargestellt ist.

– In der ersten Schaltstellung (S1) wird das Ventil 20, welches den Druckverstärker 16 ansteuert, auf Durchfluß geschaltet. Damit ist der Druckverstärker 16 aktiviert.

– In der zweiten Schaltstellung (S2) werden beide Ventile 18, 20 geöffnet, so daß zusätzlich der Injektor 14 angesteuert wird.

Bei dieser Variante (b) kann in vorteilhafter Weise eine Nacheinspritzung auf hohem Druckniveau erfolgen: durch Rückschalten aus der zweiten Schaltstellung (S2) in die erste Schaltstellung (S1) wird nur die Einspritzdüse 12 geschlossen, wobei der Druckverstärker 16 aktiv bleibt. Erneutes Schalten in die zweite Schaltstellung (S2) öffnet dann die Einspritzdüse 12 für eine Nacheinspritzung bei hohem Druck.

In Fig. 5 ist eine Ausführungsform der Erfindung dargestellt. Als Aktor 22 ist ein dreistufiger Magnetaktor vorgesehen. Die Ventile 18, 20 sind coaxial angeordnet.

In der ersten Schaltstellung, die durch die Ansteuerung mit einer niedrigen Schaltspannung eingenommen wird, wird nur der kleine Hub (h1) durchlaufen, bis der erste Ventilkörper 60 an einem zweiten Ventilkörper 62 anschlägt. Dabei bewegt sich nur der erste Ventilkörper 60, so daß ein Durchfluß am Ventilsitz 64 des Ventils 18 erfolgt. Der zweite Ventilkörper 62 verharrt in seinem Ventilsitz 66, so daß das Ventil 20 im geschlossenen Zustand bleibt. In dieser Phase wirken die Federn 68, 70 des Aktors 22 gegenläufig, und es ergibt sich eine verminderte Federkraft. Durch diese geringe effektive Federkraft, die geringe bewegte Masse (es bewegt sich nur der erste Ventilkörper 60) und den geringen Hub wird eine geringe Schaltzeit ermöglicht. Dies ist besonders für eine Voreinspritzung von Vorteil. Die zweite Schalt-

stellung wird eingenommen, indem der Aktor 22 mit einer höheren Spannungsangabe angesteuert wird. Damit wird zusätzlich der Hub (h2) durchlaufen, und der Ventilsitz 66 des Ventils 20 schaltet ebenfalls auf Durchfluß. Die Führung 80 des ersten Ventilkörpers 60 liegt außerhalb des zweiten Ventilkörpers 62.

Für die Erfindung kann es sich als besonders vorteilhaft erweisen, daß der Ventilkolben 60 gegenüber dem Ventilkörper 62 ein gewisses Spiel aufweisen darf. Dies ermöglicht eine zweiteilige und damit einfachere Fertigung des die Ventile 18, 20 darstellenden Doppelventils.

Die vorhergehende Beschreibung der Ausführungsbeispiele gemäß der vorliegenden Erfindung dient nur zu illustrativen Zwecken und nicht zum Zwecke der Beschränkung der Erfindung. Im Rahmen der Erfindung sind verschiedene Änderungen und Modifikationen möglich, ohne den Umfang der Erfindung sowie ihre Äquivalente zu verlassen.

#### Patentansprüche

1. Einspritzeinrichtung mit einer Einspritzdüse (12), einem Druckverstärker (16) zum Verstärken eines primären Druckes, einer Ventileinrichtung (18, 20) zum Betätigen des Druckverstärkers (16) und einem Stellelement (22) zum Betätigen der Ventileinrichtung (18, 20), dadurch gekennzeichnet, daß die Ventileinrichtung mindestens ein erstes 2/2-Ventil (18) und ein zweites 2/2-Ventil (20) aufweist, welche von dem Stellelement (22) betätigbar sind.
2. Einspritzeinrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß das erste 2/2-Ventil (18) und das zweite 2/2-Ventil (20) über einen gemeinsamen hydraulischen Kopplungsraum (24) von dem Stellelement (22) betätigbar sind.
3. Einspritzeinrichtung nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß der primäre Druck von einem Common-Rail (26) zur Verfügung gestellt wird.
4. Einspritzeinrichtung nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß sie hubgesteuert ist.
5. Einspritzeinrichtung nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß das erste 2/2-Ventil (18) in einem ersten Zustand einen Steuer- raum (44) für eine Hubsteuerung von einem Rücklaufsystem (34) abkoppelt und daß das erste 2/2-Ventil (18) in einem zweiten Zustand den Steuer- raum (44) für die Hubsteuerung mit dem Rücklaufsystem (34) koppelt.
6. Einspritzeinrichtung nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß das zweite 2/2-Ventil (20) in einem ersten Zustand einen Rückraum (46) des Druckverstärkers (16) von einem Rücklaufsystem (34) trennt und daß das zweite 2/2-Ventil (20) in einem zweiten Zustand den Rückraum (46) des Druckverstärkers (16) mit dem Rücklaufsystem (34) koppelt.
7. Einspritzeinrichtung nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß beide 2/2-Ventile (18, 20) so aufeinander abgestimmt sind, daß durch teilweise Betätigung des Stellelementes (22) ein 2/2-Ventil (18, 20) aus seinem ersten Zustand in seinen zweiten Zustand überführbar ist und durch weitere Betätigung des Stellelementes (22) daraufhin das andere 2/2-Ventil (18, 20) aus seinem ersten Zustand in seinen zweiten Zustand überführbar ist.
8. Einspritzeinrichtung nach einem der Ansprüche 4 bis 7, dadurch gekennzeichnet, daß ein Steuer- raum (44) für die Hubsteuerung über eine erste Drossel (54) mit dem ersten 2/2-Ventil (18) verbunden ist und daß

der Steuer- raum (44) für die Hubsteuerung über eine zweite Drossel (52) mit dem Zuführbereich der Einspritzdüse (12) verbunden ist.

9. Einspritzeinrichtung nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß ein Arbeitsdruckraum (32) des Druckverstärkers (16) mit einem Hochdruckraum (36) des Druckverstärkers (16) über ein Rückschlagventil (38) verbunden ist, über welches der Hochdruckraum (36) befüllbar ist.

10. Einspritzeinrichtung nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß der Zuführbereich der Einspritzdüse (12) über ein Rückschlagventil (38) mit einem Druckspeicher (26) verbunden ist.

11. Einspritzeinrichtung nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß ein Rückraum (46) des Druckverstärkers (16) aus dem Arbeitsdruckraum (32) befüllbar ist.

12. Einspritzeinrichtung nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß das Stellelement ein Piezoaktor (22) ist.

13. Einspritzeinrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 11, dadurch gekennzeichnet, daß das Stellelement und die Ventileinrichtung durch ein Magnetventil mit zwei Ventilkörpern (60, 62) verwirklicht sind, wobei ein erster Ventilkörper (60) mit einem Ventildichtsitz (64) und ein zweiter Ventilkörper (62) mit einem Ventildichtsitz (66) koaxial ineinander angeordnet sind.

14. Einspritzeinrichtung nach Anspruch 13, dadurch gekennzeichnet, daß der erste Ventilkörper (60) durch ein Verbindungsglied, das sich innerhalb des zweiten Ventilkörpers (62) befindet, mit dem Stellelement verbunden ist.

15. Einspritzeinrichtung nach Anspruch 13 oder 14, dadurch gekennzeichnet, daß die Führung (80) des ersten Ventilkörpers (60) außerhalb des zweiten Ventilkörpers liegt.

16. Verfahren zum Einspritzen von Fluid, bei dem ein Stellelement (22) aktiviert wird, eine Ventileinrichtung (18, 20) von dem Stellelement (22) betätigt wird, ein Druckverstärker (16) zum Verstärken eines primären Druckes durch die Ventileinrichtung (18, 20) betätigt wird und eine Einspritzdüse (12) geöffnet wird, dadurch gekennzeichnet, daß ein erstes 2/2-Ventil (18) und ein zweites 2/2-Ventil (20) der Ventileinrichtung (18, 20) von dem Stellelement (22) betätigt werden.

17. Verfahren nach Anspruch 16, dadurch gekennzeichnet, daß das erste 2/2-Ventil (18) und das zweite 2/2-Ventil (20) über einen gemeinsamen hydraulischen Kopplungsraum (24) von dem Stellelement (22) betätigt werden.

18. Verfahren nach Anspruch 16 oder 17, dadurch gekennzeichnet, daß durch das Öffnen des ersten 2/2-Ventils (18) eine Einspritzung erfolgt und daß durch das Öffnen des zweiten 2/2-Ventils (20) eine Druckerhöhung erfolgt.

19. Verfahren nach einem der Ansprüche 16 bis 18, dadurch gekennzeichnet, daß das Betätigen des ersten 2/2-Ventils (18) zur Voreinspritzung verwendet wird.

20. Verfahren nach einem der Ansprüche 16 bis 19, dadurch gekennzeichnet, daß das Öffnen eines der 2/2-Ventile (18, 20) durch geringeren Hub des Stellelementes (22) bewirkt wird als das Öffnen des anderen der 2/2-Ventile (18, 20).

21. Verfahren nach einem der Ansprüche 16 bis 20, dadurch gekennzeichnet, daß durch Betätigen des Stellelementes (22) ein Steuer- raum (44) entlastet wird, so daß die Einspritzdüse (12) öffnet und eine Einspritz-

phase bei geringem Druck vorliegt, daraufhin durch weiteres Betätigen des Stellelementes (22) ein Rückraum (46) des Druckverstärkers (16) mit einem Rücklaufsystem (34) durch Öffnen des zweiten 2/2-Ventils (20) verbunden wird, daraufhin eine Druckverstärkung durch den Druckverstärker (16) erfolgt, so daß eine Einspritzphase bei hohem Druck stattfindet und daraufhin durch Rückstellen des Stellelementes (22) das erste 2/2-Ventil (18) und das zweite 2/2-Ventil (20) schließen, so daß die Einspritzung beendet wird.

22. Verfahren nach einem der Ansprüche 16 bis 20, dadurch gekennzeichnet, daß durch Betätigen des Stellelementes (22) ein Rückraum (46) des Druckverstärkers (16) mit einem Rücklaufsystem (34) durch Öffnen des zweiten 2/2-Ventils (20) verbunden wird und eine Druckverstärkung durch den Druckverstärker (16) erfolgt und daß durch weiteres Betätigen des Stellelementes (22) ein Steuerraum (44) entlastet wird, so daß die Einspritzdüse (12) öffnet und eine Einspritzphase bei hohem Druck vorliegt.

23. Verfahren nach einem der Ansprüche 16 bis 22, dadurch gekennzeichnet, daß ein Hochdruckraum (36) des Druckverstärkers (16) über ein Rückschlagventil (38) befüllt wird, über welches er mit einem Arbeitsdruckraum (32) des Druckverstärkers (16) verbunden ist.

24. Verfahren nach einem der Ansprüche 16 bis 23, dadurch gekennzeichnet, daß der Rückraum (46) des Druckverstärkers (16) aus dem Arbeitsdruckraum (32) des Druckverstärkers (16) befüllt wird.

25. Verfahren nach einem der Ansprüche 16 bis 24, dadurch gekennzeichnet, daß durch den zeitlichen Verlauf der Ansteuerung des Stellelementes (22) und/oder durch die Auslegung der Ventilschaltkräfte eine Einspritzverlaufsformung vorgenommen wird.

---

Hierzu 5 Seite(n) Zeichnungen

---

40

45

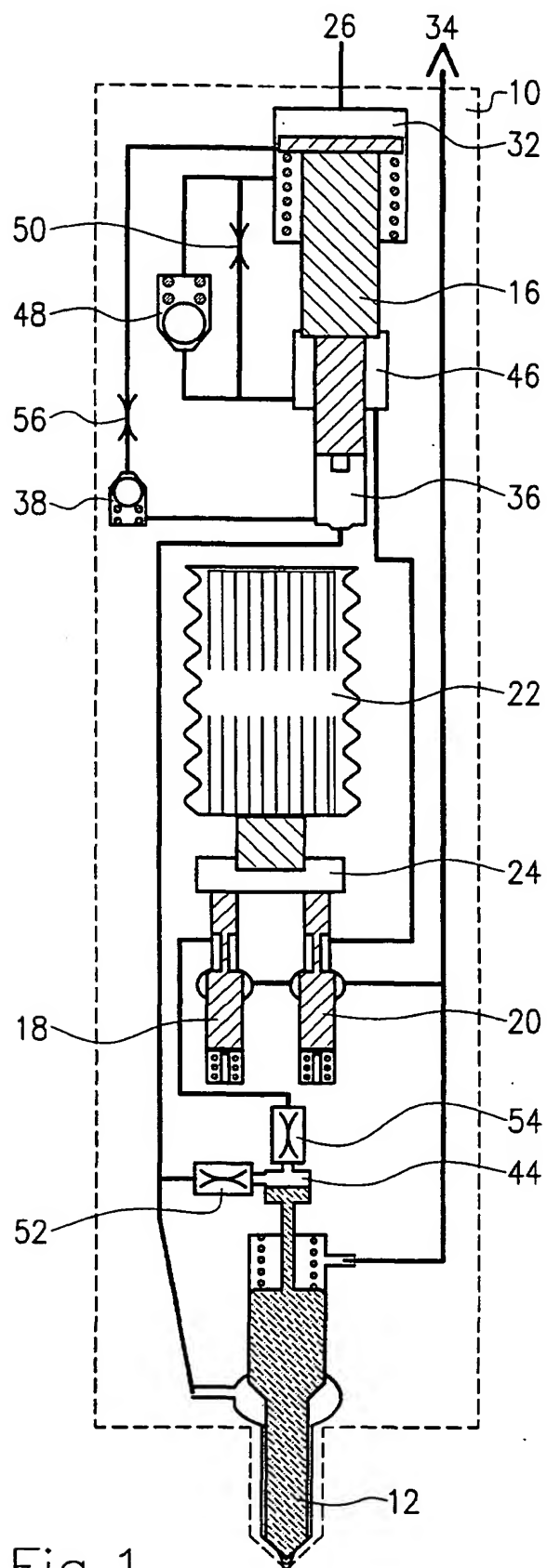
50

55

60

65







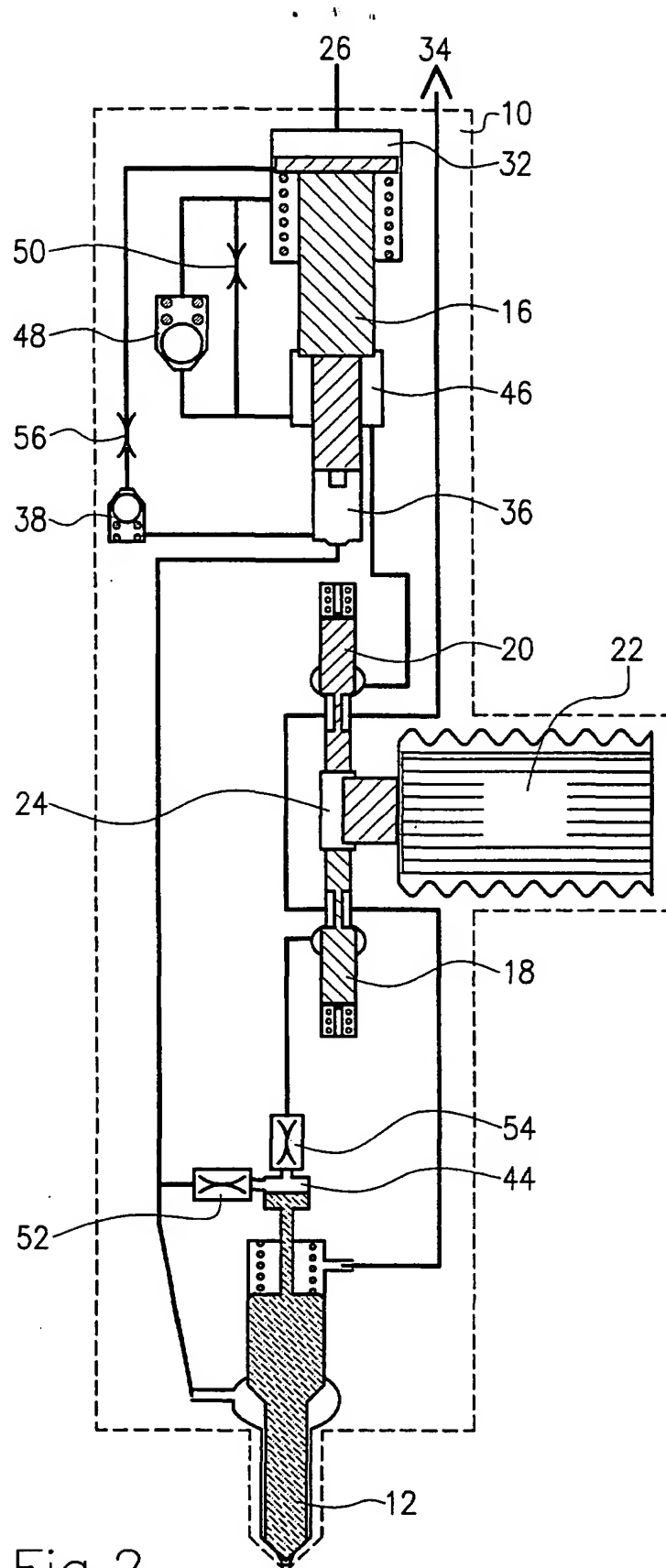


Fig.2

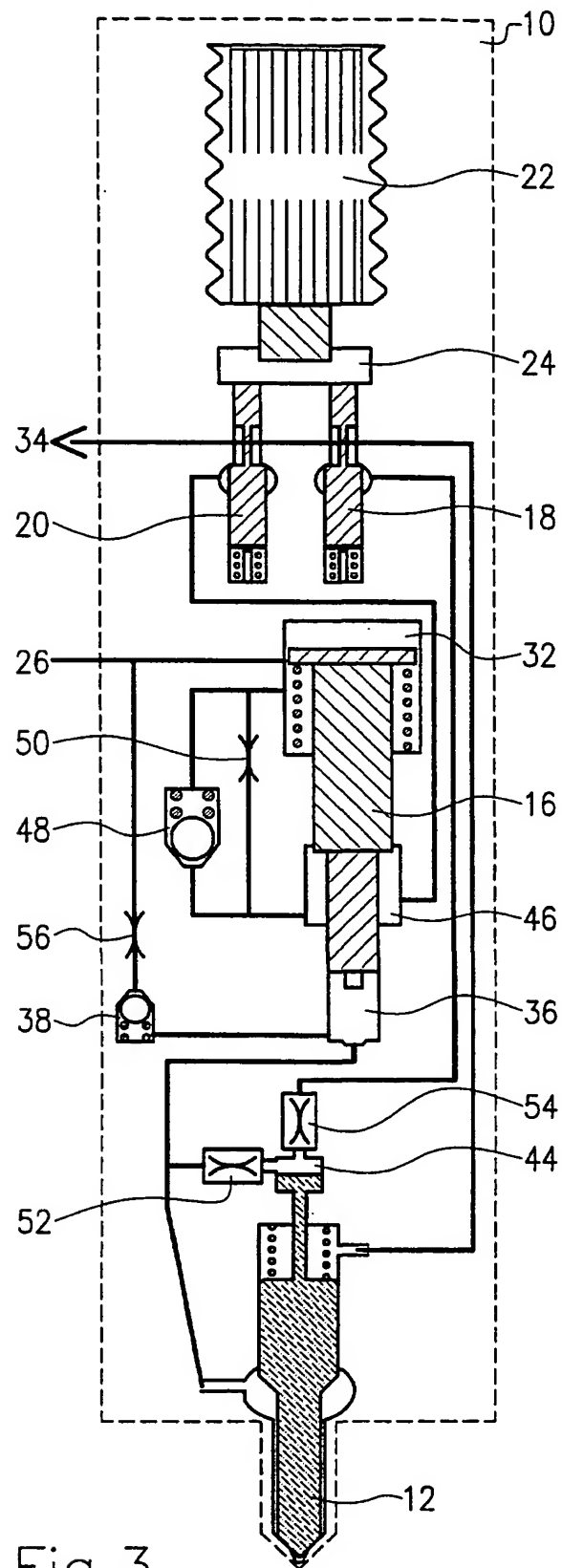


Fig.3

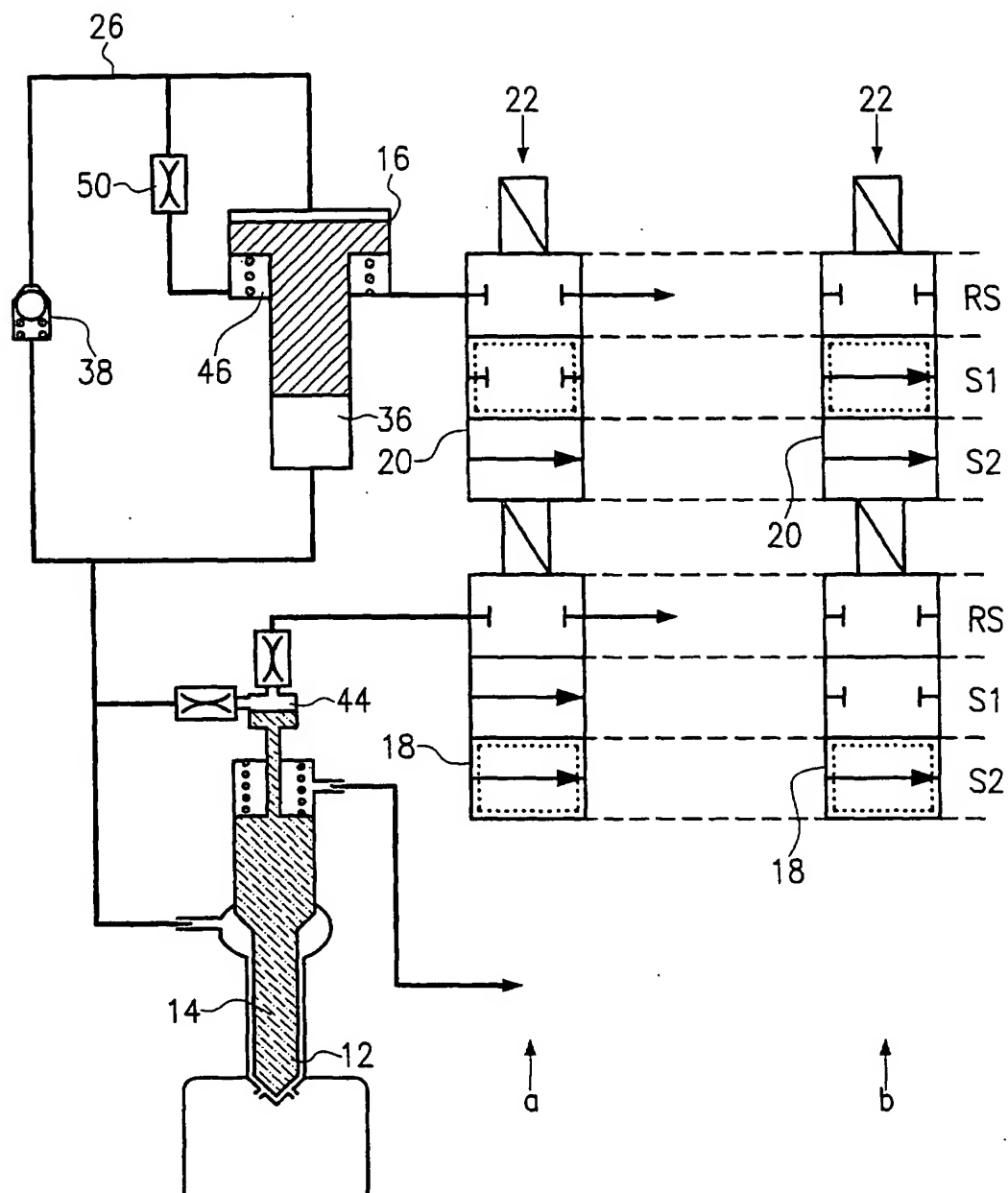


Fig.4

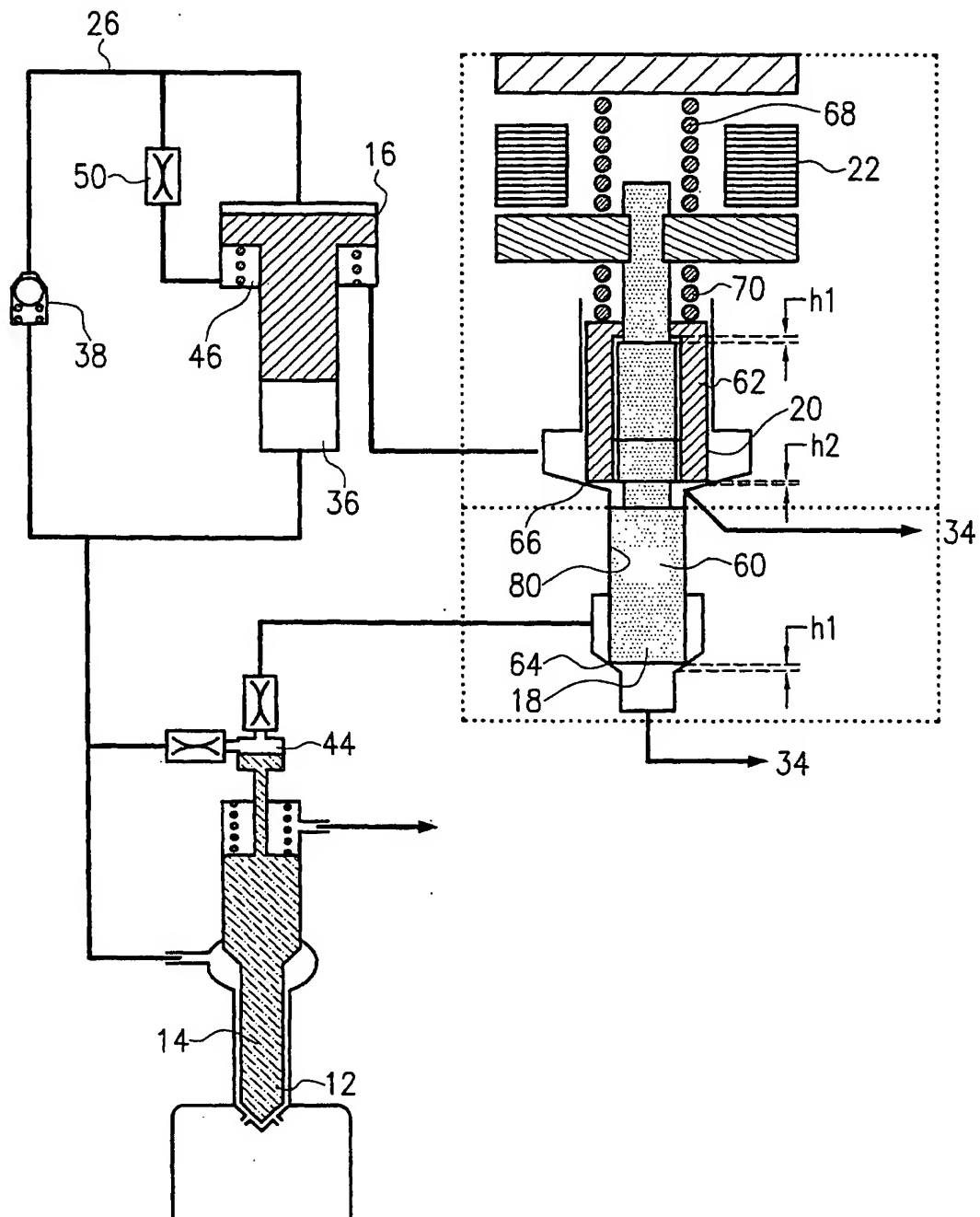


Fig.5

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

**BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ **BLACK BORDERS**
- ☒ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- ☒ **FADED TEXT OR DRAWING**
- ☐ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- ☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**
- ☐ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- ☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**
- ☐ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- ☐ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- ☐ **OTHER:** \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**